



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



Mémoire original

Influence du point de fixation du transfert du latissimus dorsi sur la rotation externe de l'épaule : étude cadavérique[☆]



Influence of fixation point of latissimus dorsi tendon transfer for irreparable rotator cuff tear on glenohumeral external rotation: A cadaver study

K. Bargoin^{a,*}, M. Boissard^b, J. Kany^c, J. Grimberg^d^a Nouvelles cliniques nantaises, Le Confluent, 4, rue Éric-Tabarly, 44277 Nantes cedex 2, France^b Centre hospitalier universitaire, Nantes, France^c Clinique de l'Union, Saint-Jean, France^d Institut de recherche en chirurgie orthopédique et sportive, Paris, France

I N F O A R T I C L E

Historique de l'article :

Reçu le 20 décembre 2015

Accepté le 5 septembre 2016

Mots clés :

Latissimus dorsi

Rupture de la coiffe des rotateurs

Transfert tendineux

Amplitudes articulaires

Étude cadavérique

R É S U M É

Le transfert du tendon de latissimus dorsi est une option chirurgicale pour le traitement des ruptures postéro-supérieures irréparables de la coiffe des rotateurs, notamment pour tenter de restaurer la rotation externe active. Notre hypothèse était que le positionnement du point de fixation du transfert devait être différent en fonction de la rotation externe souhaitée, coude au corps ou rotation externe coude en abduction.

Matériels et méthodes. – Nous avons utilisé sept épaules provenant de 4 corps entiers congelés. Nous avons créé deux systèmes pour installer le sujet en position demi-assise permettant la rotation externe coude au corps d'une part et le bras en abduction à 90° d'autre part. Des fils de traction ont été positionnés sur le muscle du latissimus dorsi et une rupture massive de la coiffe a été créée. Nous avons testé six positions différentes du transfert. La contraction musculaire du latissimus dorsi a été simulée à l'aide de poids suspendus de 10 N et 20 N.

Résultats. – Le point de fixation du latissimus dorsi sur la tête humérale avait une influence sur la rotation externe coude au corps et à 90° d'abduction ($p < 0,001$). Le point de fixation pour une rotation externe coude au corps maximale était la position antérolatérale ($p < 0,016$). Le point de fixation pour une rotation externe à 90° d'abduction maximale était la position centrée sur le *footprint* de l'infraspinatus ($p < 0,078$).

Conclusion. – Le point de fixation optimal est différent si l'on veut restaurer la rotation externe à 0° ou à 90° d'abduction.

Niveau de preuve. – Science fondamentale, étude anatomique.

© 2016 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

1. Introduction

Les transferts musculotendineux sont fréquemment utilisés pour traiter les paralysies musculaires. Le transfert du tendon du latissimus dorsi (LD) est une option chirurgicale pour le traitement

des ruptures de coiffe postéro-supérieure irréparables initialement proposée par Gerber et al. en 1988 [1–4].

Le but de cette chirurgie est de diminuer la douleur et de restaurer la fonction de l'épaule [1,3,5–10]. Gerber a récemment montré de bons résultats à long terme pour cette indication [11].

Une rupture massive et irréparable de la coiffe des rotateurs est définie comme une rupture impliquant plus de deux tendons [12] avec impossibilité de les rattacher au niveau du tubercule majeur malgré une libération étendue [13].

La rotation externe active de l'articulation gléno-humérale permet de réaliser les tâches élémentaires quotidiennes, comme manger, se raser, serrer la main, ou se coiffer [14,15].

La rotation externe active de l'épaule sollicite les muscles infraspinatus et teres minor en fonction de la position du bras. La rotation

DOI de l'article original : <http://dx.doi.org/10.1016/j.otsr.2016.09.012>.

[☆] Ne pas utiliser, pour citation, la référence française de cet article, mais celle de l'article original paru dans *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, en utilisant le DOI ci-dessus.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : dr.bargoin@gmail.com (K. Bargoin).

externe coude au corps et à 90° d'abduction est évaluée par des tests fonctionnels (Dropping Sign et le Hornblower's Sign) [16–18].

Les études biomécaniques du transfert du latissimus dorsi ont contribué à l'amélioration de la fixation et du positionnement du transfert tendineux [19].

Cependant, certaines de ces études ont été réalisées avec des simulations informatiques de mouvements [20–24] ce qui s'éloigne de la réalité.

Les transferts tendineux au niveau de l'épaule ont des résultats variables dans la littérature [25–27].

Le transfert du latissimus dorsi doit respecter quelques règles biomécaniques fondamentales pour fonctionner [28,29] : tension physiologique du tendon transféré, exposition chirurgicale la moins invasive possible pour diminuer les réactions fibreuses péri-tendineuses postopératoires, travail en synergie du tendon transféré, type de fixation résistant aux forces de traction physiologiques, et un positionnement idéal pour restaurer les mouvements de l'articulation.

Des procédures arthroscopiques ont récemment été proposées pour améliorer le résultat en réalisant une chirurgie moins invasive [30–32].

Le tendon peut être tubularisé [33] permettant d'obtenir un point de fixation spécifique et d'avoir une résistance suffisante à la traction [19,34].

La position la plus fréquemment utilisée se situe à la jonction du *footprint* du supraspinatus et de l'infraspinatus [22,35].

Aucun auteur n'a encore étudié l'influence de la position du transfert tendineux sur la rotation externe en utilisant un sujet entier et frais en position demi-assise.

Le but de notre étude était d'évaluer le point de fixation optimal du transfert tendineux du latissimus dorsi sur la tête humérale pour restaurer la rotation externe active.

Notre hypothèse était que le positionnement du point de fixation du transfert devait être différent en fonction de la rotation externe souhaitée, coude au corps ou rotation externe coude en abduction.

2. Matériels et méthodes

Nous avons utilisé sept épaules issues de quatre corps humains frais congelés, trois épaules droites et quatre épaules gauches. Les corps étaient conservés à -15 °C durant un maximum de 10 jours après leur mort. Toutes les épaules avaient une liberté de mouvement complète.

Deux des auteurs ont réalisé toutes les dissections.

Les critères d'exclusions étaient : un corps de plus de dix jours, une rupture de coiffe déjà présente, antécédent de chirurgie de l'épaule, arthrose, et épaule traumatique.

2.1. La préparation du transfert tendineux

Une large voie d'abord postérieure a été réalisée pour exposer le muscle du LD de ses insertions proximales jusqu'à son insertion distale. Nous l'avons libéré de ses attaches cutanées et de la pointe de la scapula. Le deltoïde a été excisé pour permettre l'accès à la coiffe. Le tendon du LD a été tubularisé avec du fil Ethibond (ETHIBOND EXCEL size 1, Ethicon® Cincinnati, États-Unis).

Au cours de la dissection, le pédicule vasculonerveux du LD a été repéré et préservé.

Les fils de traction ont été placés tous les 2 cm² par des points en croix prenant toute l'épaisseur du muscle sur les différents chefs du LD.

Chaque fil de traction a été ajusté indépendamment, selon l'orientation des fibres musculaires, puis elles ont été réunies pour permettre une traction sur l'ensemble du muscle.

Une rupture massive de coiffe a été créée en réséquant les tendons de l'infraspinatus et du supraspinatus. Le subscapularis, la longue portion du biceps, la capsule, les ligaments coraco-acromial et coracoclaviculaire ont été laissés intact.

2.2. Installation en position demi-assise

Deux systèmes ajustables à la taille des sujets cadavériques ont été créés pour permettre de les installer en position demi-assise.

Le premier système a été conçu pour permettre la rotation externe coude au corps en maintenant le coude fléchi à 90° à l'aide d'un poids suspendu attaché au poignet. Ce poids était équivalent au poids de l'avant-bras. L'amplitude de la rotation externe pouvait être évaluée sans conflit entre l'avant-bras et le système de mesure (Fig. 1A).

Le second système a été conçu pour permettre la rotation externe et interne, bras en abduction à 90°, à l'aide d'un support placé sous le coude. Un poids suspendu, équivalent au poids de l'avant-bras, était attaché au poignet pour compenser la gravité (Fig. 1B).

2.3. Fixation

L'empreinte de chaque tendon sur le tubercule majeur a été identifiée et cartographiée pour faciliter la reproductibilité de chaque point de fixation [36].

Chaque épaule a été testée avec six positions différentes du tendon sur la tête humérale, en utilisant une fixation par agrafes. Une fixation du tendon par agrafes a été préférée à une fixation par ancrés ou par vis pour diminuer le risque de fracture de la tête humérale, et pour permettre un repositionnement du transplant aussi souvent que nécessaire.

Le tendon du LD était tubularisé et fixé sur la zone d'insertion de la tête humérale par 2 agrafes métallique en croix pour simuler une fixation par ancre.

Six positions ont été testées (Fig. 2A) : Position X1 : partie basse du *footprint* de l'infraspinatus, X2 : centrée sur le *footprint* de l'infraspinatus, X3 : entre le *footprint* de l'infra et du supraspinatus, X4 : centrée sur le *footprint* du supraspinatus, X5 : position antérolatérale, X6 : double fixation sur la position antérolatérale et sur la partie basse du *footprint* de l'infraspinatus (X1 + X5).

2.4. Mesure

La contraction du LD a été simulée à l'aide de poids suspendus de 10 N et 20 N.

Chaque position a été testée trois fois à 0° et à 90° d'abduction. L'amplitude de la rotation externe après simulation de la contraction du LD a été mesurée en degrés par lecture directe (Fig. 1).

La moyenne de trois mesures a été calculée, si une différence de plus de cinq degrés était retrouvée, une quatrième mesure était réalisée.

Nous avons une répartition non paramétrique des résultats du fait de la taille limitée de notre échantillon. Nous avons utilisé un test de Wilcoxon pour les comparaisons. $p < 0,05$ était considéré statistiquement significatif. L'analyse statistique a été réalisée avec SAS software® (Campus Drive, Cary, North Carolina, États-Unis).

3. Résultats

Dans un cas, une rupture du tendon à la jonction myotendineuse s'est produite, à 90° d'abduction. Les résultats de ce cas ont été exclus.

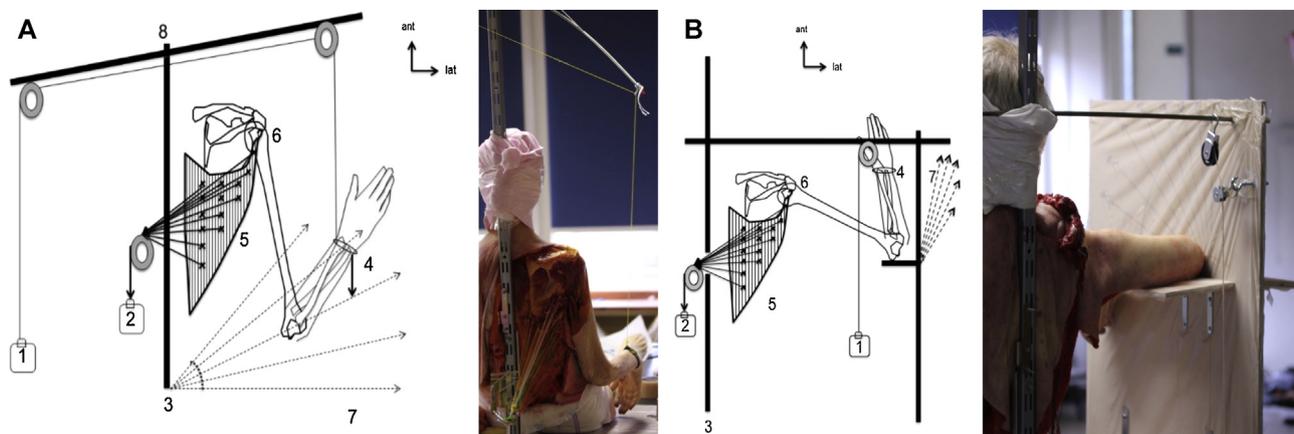


Fig. 1. A. Rotation externe mesurée coude au corps. B. Rotation externe mesurée bras en abduction à 90°. 1 : poids suspendu équivalent au poids de l'avant-bras ; 2 : poids suspendu pour simuler la contraction du latissimus dorsi (10 N et 20 N) ; 3 : système pour la position beach chair ; 4 : pointeur attaché au poignet ; 5 : Latissimus dorsi avec fils de traction tous les 2 cm² ; 6 : point de fixation du transfert tendineux sur la tête humérale ; 7 : système de mesure par lecture directe en degrés ; 8 : bras rotatif pour la rotation externe.

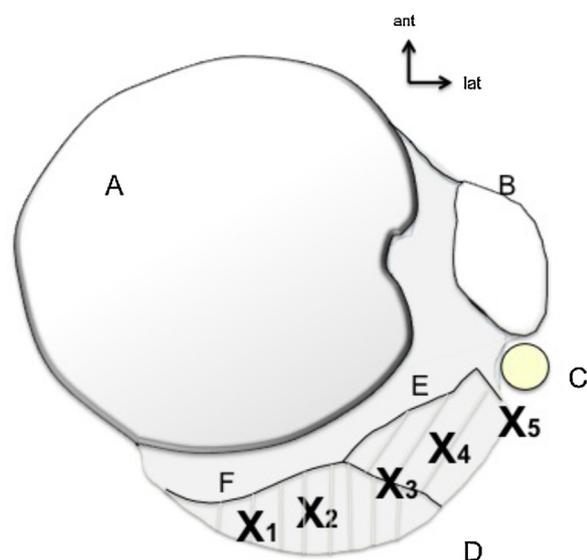


Fig. 2. Points de fixation du transfert tendineux sur la tête humérale. A. Tête humérale. B. Tubercule mineur. C. Longue portion du biceps. D. Tubercule majeur. E. Empreinte du supraspinatus. F. Empreinte de l'infraspinatus. G. Gouttière de l'infraspinatus. Points de fixation par agrafes : X1 : partie basse de l'empreinte de l'infraspinatus ; X2 : centré sur l'empreinte de l'infraspinatus ; X3 : entre l'empreinte de l'infra et celle du supraspinatus ; X4 : empreinte du supraspinatus ; X5 : position antérolatérale ; X6 : 2 points de fixation X5 + X1.

Toutes les positions étudiées à 20 N de traction ont abouti à une plus grande amplitude de la rotation externe qu'avec une traction de 10 N, $p < 0,001$ (Fig. 3).

Le point de fixation du LD sur la tête humérale avait une influence sur la rotation externe lorsque l'on comparait la rotation externe à 0° et à 90° d'abduction, $p < 0,001$.

Le point de fixation pour une rotation externe coude au corps maximale était situé en position antérolatérale (X5), $p < 0,016$ (Tableau 1).

Le point de fixation pour une rotation externe bras à 90° d'abduction maximale était situé en position centré sur le footprint de l'infraspinatus (X2), $p < 0,078$.

Lorsqu'une double fixation X6 (X5 + X1) était utilisée, le gain de rotation externe était plus faible qu'avec une simple fixation X5 à 20 N, $p < 0,016$.

Le gain de rotation externe coude au corps entre les deux points contigus X4 et X5 à 20 N était de 56,6 %.

4. Discussion

Les résultats de cette étude ont montré que le positionnement optimal du transfert tendineux du LD sur la tête humérale pour augmenter la rotation externe coude au corps était la position antérolatérale (X5). Le positionnement centré sur le footprint de l'infraspinatus (X2) était optimal pour augmenter la rotation externe bras en abduction à 90°.

Il pourrait y avoir plusieurs explications pour ces différences de résultats entre 0° et 90° d'abduction.

La direction et l'excursion du tendon autour de la tête sont modifiées entre 0° et 90° d'abduction. Nous avons également observé différents mouvements collatéraux (flexion antérieure, abaissement de la tête humérale avec rétropulsion et un effet bowstringing du tendon du LD sur la tête humérale pour les fixations les plus antérieures décrit par Herzberg [35]).

Bien que nous n'ayons pas mesuré avec précision ces mouvements, nous avons remarqué qu'ils différaient dans leur direction en fonction du degré d'abduction du bras.

L'infraspinatus et le teres minor sont les rotateurs externes de la coiffe. L'infraspinatus serait plus impliqué pour la rotation externe à 0° d'abduction, le teres minor pour la rotation externe à 90° d'abduction [14,18,37,38].

Gerber, avec des blocs du nerf suprascapulaire, a montré que l'infraspinatus était le muscle le plus important pour la force en rotation externe, quelle que soit la position du bras [38].

Pour Gerber, le teres minor ne contribuerait que pour 20 % de la force en rotation externe.

Kurokawa [14] a utilisé la tomographie par émission de positons pour conclure que l'infraspinatus et le teres minor étaient les principaux muscles de la rotation externe de l'épaule. Le ratio teres minor-infraspinatus était de 0,84 pour la rotation externe coude au corps, alors qu'il était de 1,21 pour la rotation externe bras à 90° d'abduction.

Pour Kurokawa, le teres minor était le principal muscle impliqué dans la rotation externe quand le bras est en abduction.

Walch [18] a confirmé l'importance du teres minor dans la rotation externe à 90° d'abduction. Il a alors décrit le signe du clairon, qui est présent lorsqu'il existe une atteinte du teres minor.

Pour Kuechle [37] l'infraspinatus avait un moment plus favorable que le teres minor et le deltoïde postérieur pour la rotation externe.

Nous pensons que le point de fixation du transfert du LD devrait être choisi en fonction de la rotation externe active préopératoire

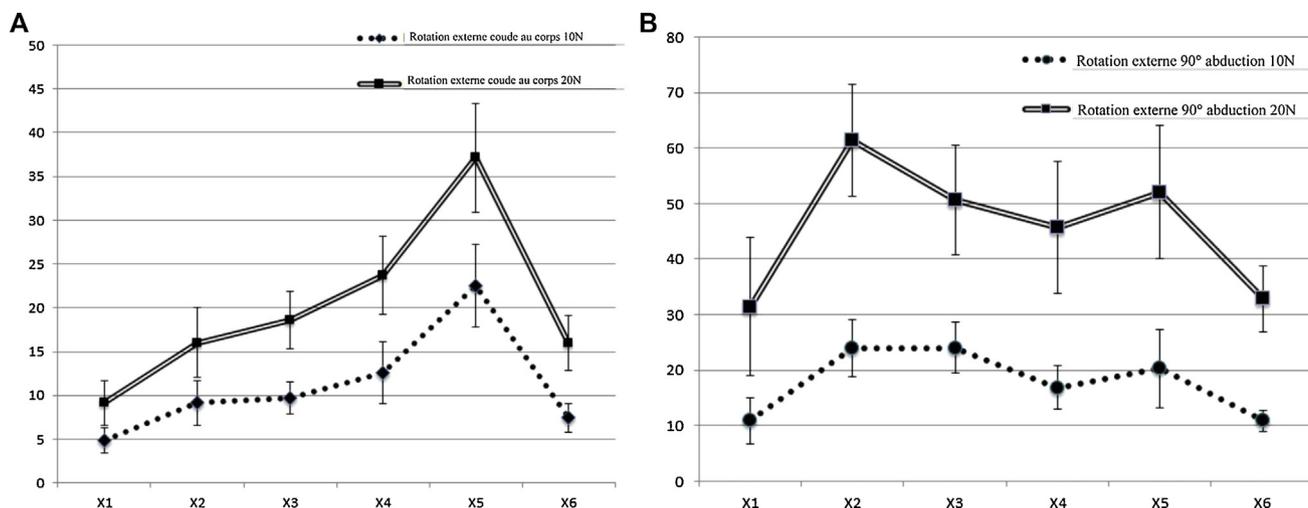


Fig. 3. A. Amplitude de la rotation externe pour chaque position coude au corps à 10 et 20 N. B. Amplitude de la rotation externe pour chaque position bras à 90° d'abduction à 10 et 20 N.

Tableau 1

Moyenne des amplitudes de rotation externe à 0 et 90° d'abduction pour chaque point de fixation.

	Rotation externe à 0° abduction		Rotation externe à 90° abduction	
	10 N	20 N	10 N	20 N
Position 1 (X1)	4,86 ± 1,47	9,14 ± 2,53	10,86 ± 4,16	31,43 ± 12,45
Position 2 (X2)	9,14 ± 2,53	16,00 ± 4,00	24,00 ± 5,14	61,43 ± 10,04
Position 3 (X3)	9,71 ± 1,84	18,57 ± 3,27	24,00 ± 4,57	50,57 ± 9,84
Position 4 (X4)	12,57 ± 3,55	23,71 ± 4,45	16,86 ± 3,92	45,71 ± 11,84
Position 5 (X5)	22,57 ± 4,69	37,14 ± 6,24	20,29 ± 7,06	52,00 ± 12,00
Position 6 (X6)	7,43 ± 1,67	16,00 ± 3,14	10,86 ± 1,92	32,86 ± 5,92

coude au corps et bras en abduction, de la dégénérescence graisseuse et de l'atrophie du *teres minor* et de l'*infraspinatus*.

Cependant, le transfert tendineux d'un seul muscle ne peut pas remplacer la fonction de deux muscles défaillants ou plus, notamment en termes de puissance musculaire [26]. Nous pensons qu'il serait potentiellement intéressant de réaliser des transferts de *latissimus dorsi* en association avec d'autres transferts tendineux, comme le transfert du trapèze inférieur pour restaurer l'abduction et la rotation externe [39].

Dans le cas d'une double fixation osseuse du tendon, le point le plus proche du corps musculaire est celui qui définit les possibilités de rotation externe (par exemple dans le cas de la position X6, la force produite par le LD s'exerce uniquement sur le point X1).

Il s'agit d'une étude originale, car elle utilise des sujets entiers frais.

Elle permet l'évaluation de l'effet d'un seul paramètre sur la rotation externe : la localisation du point de fixation du transfert tendineux du *latissimus dorsi*.

Notre dispositif de mesure est simple et facilement utilisable. Il peut être utilisé pour étudier la rotation externe avec d'autres transferts tendineux.

Les différents biais sont un faible nombre d'épaule et l'absence d'utilisation de système de navigation qui aurait permis une analyse tridimensionnelle des mouvements collatéraux.

5. Conclusion

Le transfert tendineux du *latissimus dorsi* a une action sur la rotation externe qui dépend du point de fixation sur la tête humérale.

Le point de fixation optimal est différent si l'on veut restaurer la rotation externe à 0° ou à 90° d'abduction. Une modification du

point de fixation de 2 cm peut faire varier l'efficacité du transfert jusqu'à 56 %.

Le point de fixation pour une rotation externe coude au corps maximal est situé en position antérieure et latérale par rapport au *footprint* du *supraspinatus*.

Le point de fixation pour une rotation externe bras à 90° d'abduction maximale est situé en position centrée sur le *footprint* de l'*infraspinatus*.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Remerciements

Au laboratoire d'anatomie de Nantes.

Références

- [1] Gerber C, Vinh TS, Hertel R, Hess CW. *Latissimus dorsi* transfer for the treatment of massive tears of the rotator cuff. A preliminary report. *Clin Orthop Relat Res* 1988;51–61.
- [2] Buijze GA, Keereweer S, Jennings G, Vorster W, Debeer J. Musculotendinous transfer as a treatment option for irreparable posterosuperior rotator cuff tears: *teres major* or *latissimus dorsi*? *Clin Anat* 2007;20:919–23.
- [3] Birmingham PM, Neviasser RJ. Outcome of *latissimus dorsi* transfer as a salvage procedure for failed rotator cuff repair with loss of elevation. *J Shoulder Elbow Surg* 2008;17:871–4.
- [4] Debeer P, De Smet L. Outcome of *latissimus dorsi* transfer for irreparable rotator cuff tears. *Acta Orthop Belg* 2010;76:449–55.
- [5] Nove-Josserand L, Costa P, Liotard JP, Safar JF, Walch G, Zilber S. Results of *latissimus dorsi* tendon transfer for irreparable cuff tears. *Orthop Traumatol Surg Res* 2009;95:108–13.
- [6] Degreef I, Debeer P, Van Herck B, Van Den Eeden E, Peers K, De Smet L. Treatment of irreparable rotator cuff tears by *latissimus dorsi* muscle transfer. *Acta Orthop Belg* 2005;71:667–71.

- [7] Valenti P, Kalouche I, Diaz LC, Kaouar A, Kilinc A. Results of latissimus dorsi tendon transfer in primary or salvage reconstruction of irreparable rotator cuff tears. *Orthop Traumatol Surg Res* 2010;96:133–8.
- [8] Donaldson J, Pandit A, Noorani A, Douglas T, Falworth M, Lambert S. Latissimus dorsi tendon transfers for rotator cuff deficiency. *Int J Shoulder Surg* 2011;5:95–100.
- [9] Buchmann S, Plath JE, Imhoff AB. [Latissimus dorsi transfer for the treatment of irreparable rotator tears: indication, surgical technique, and modifications]. *Oper Orthop Traumatol* 2012;24:502–12.
- [10] Grimberg J, Kany J. Latissimus dorsi tendon transfer for irreparable posterosuperior cuff tears: current concepts, indications, and recent advances. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2014;7:22–32.
- [11] Gerber C, Rahm SA, Catanzaro S, Farshad M, Moor BK. Latissimus dorsi tendon transfer for treatment of irreparable posterosuperior rotator cuff tears: long-term results at a minimum follow-up of ten years. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95:1920–6.
- [12] Cofield RH. Rotator cuff disease of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am* 1985;67:974–9.
- [13] Gerber C. Latissimus dorsi transfer for the treatment of irreparable tears of the rotator cuff. *Clin Orthop Relat Res* 1992;152–60.
- [14] Kurokawa D, Sano H, Nagamoto H, Omi R, Shinozaki N, Watanuki S, et al. Muscle activity pattern of the shoulder external rotators differs in adduction and abduction: an analysis using positron emission tomography. *J Shoulder Elbow Surg* 2014;23:658–64.
- [15] Henseler JF, Nagels J, Nelissen RG, de Groot JH. Does the latissimus dorsi tendon transfer for massive rotator cuff tears remain active postoperatively and restore active external rotation? *J Shoulder Elbow Surg* 2014;23:553–60.
- [16] Namdari S, Yagnik G, Ebaugh DD, Nagda S, Ramsey ML, Williams Jr GR, et al. Defining functional shoulder range of motion for activities of daily living. *J Shoulder Elbow Surg* 2012;21:1177–83.
- [17] Aizawa J, Masuda T, Koyama T, Nakamaru K, Iozaki K, Okawa A, et al. Three-dimensional motion of the upper extremity joints during various activities of daily living. *J Biomech* 2010;43:2915–22.
- [18] Walch G, Boulahia A, Calderone S, Robinson AH. The 'dropping' and 'horn-blower's' signs in evaluation of rotator-cuff tears. *J Bone Joint Surg Br* 1998;80:624–8.
- [19] Diop A, Maurel N, Chang VK, Kany J, Duranthon LD, Grimberg J. Tendon fixation in arthroscopic latissimus dorsi transfer for irreparable posterosuperior cuff tears: an in vitro biomechanical comparison of interference screw and suture anchors. *Clin Biomech* 2011;26:904–9.
- [20] Oh JH, Tilan J, Chen YJ, Chung KC, McGarry MH, Lee TQ. Biomechanical effect of latissimus dorsi tendon transfer for irreparable massive cuff tear. *J Shoulder Elbow Surg* 2013;22:150–7.
- [21] Werner CM, Zingg PO, Lie D, Jacob HA, Gerber C. The biomechanical role of the subscapularis in latissimus dorsi transfer for the treatment of irreparable rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg* 2006;15:736–42.
- [22] Ling HY, Angeles JG, Horodyski MB. Biomechanics of latissimus dorsi transfer for irreparable posterosuperior rotator cuff tears. *Clin Biomech* 2009;24:261–6.
- [23] Favre P, Loeb MD, Helmy N, Gerber C. Latissimus dorsi transfer to restore external rotation with reverse shoulder arthroplasty: a biomechanical study. *J Shoulder Elbow Surg* 2008;17:650–8.
- [24] Magermans DJ, Chadwick EK, Veeger HE, Rozing PM, van der Helm FC. Effectiveness of tendon transfers for massive rotator cuff tears: a simulation study. *Clin Biomech* 2004;19:116–22.
- [25] Elhassan B, Bishop AT, Hartzler RU, Shin AY, Spinner RJ. Tendon transfer options about the shoulder in patients with brachial plexus injury. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94:1391–8.
- [26] Comtet JJ, Herzberg G, Naasan IA. Biomechanical basis of transfers for shoulder paralysis. *Hand Clin* 1989;5:1–14.
- [27] Ruhmann O, Schmolke S, Bohnsack M, Carls J, Flamme C, Wirth CJ. Reconstructive operations for the upper limb after brachial plexus palsy. *Am J Orthop* 2004;33:351–62.
- [28] Goldstein Y, Grimberg J, Valenti P, Chechik O, Drexler M, Kany J. Arthroscopic fixation with a minimally invasive axillary approach for latissimus dorsi transfer using an endobutton in massive and irreparable postero-superior cuff tears. *Int J Shoulder Surg* 2013;7:79–82.
- [29] Elhassan B, Bishop A, Shin A, Spinner R. Shoulder tendon transfer options for adult patients with brachial plexus injury. *J Hand Surg* 2010;35:1211–9.
- [30] Petriccioli D, Bertone C, Marchi G, Garofalo R. Arthroscopically assisted latissimus dorsi transfer with a minimally invasive harvesting technique: surgical technique and anatomic study. *Musculoskelet Surg* 2012;96(Suppl. 1):S35–40.
- [31] Gervasi E, Causero A, Parodi PC, Raimondo D, Tancredi G. Arthroscopic latissimus dorsi transfer. *Arthroscopy* 2007;23:1243e1–4.
- [32] Grimberg J, Kany J, Valenti P, Amaravathi R, Ramalingam AT. Arthroscopic-assisted latissimus dorsi tendon transfer for irreparable posterosuperior cuff tears. *Arthroscopy* 2015;31:599–6070.
- [33] Garret JJK, Lévine C, Kumar HA, Grosclaude S. Latissimus dorsi transfer for massive and irreparable rotator cuff tears. In: Valenti P, editor. *Tendon transfer for irreparable rotator cuff tears*. Springer ed; 2011.
- [34] Kany J, Kumar H, Chang V, Grimberg J, Garret J, Valenti P. Mini invasive axillary approach and arthroscopic humeral head interference screw fixation for latissimus dorsi transfer in massive and irreparable posterosuperior rotator cuff tears. *Tech Shoulder Elbow Surg* 2010;11:8–14.
- [35] Herzberg G. Latissimus dorsi transfer in irreparable rotator cuff tears: what point of fixation on the humeral head? *Orthop Trans* 2001.
- [36] Mochizuki T, Sugaya H, Uomizu M, Maeda K, Matsuki K, Sekiya I, et al. Humeral insertion of the supraspinatus and infraspinatus. New anatomical findings regarding the footprint of the rotator cuff. *Surgical technique*. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91(Suppl. 2 Pt 1):1–7.
- [37] Kuechle DK, Newman SR, Itoi E, Niebur GL, Morrey BF, An KN. The relevance of the moment arm of shoulder muscles with respect to axial rotation of the glenohumeral joint in four positions. *Clin Biomech* 2000;15:322–9.
- [38] Gerber C, Blumenthal S, Curt A, Werner CM. Effect of selective experimental suprascapular nerve block on abduction and external rotation strength of the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg* 2007;16:815–20.
- [39] Elhassan B. Lower trapezius transfer for shoulder external rotation in patients with paralytic shoulder. *J Hand Surg* 2014;39:556–62.